

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-318153

(43)Date of publication of application : 21.11.2000

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

B41J 2/205

(21)Application number : 11-125775

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 06.05.1999

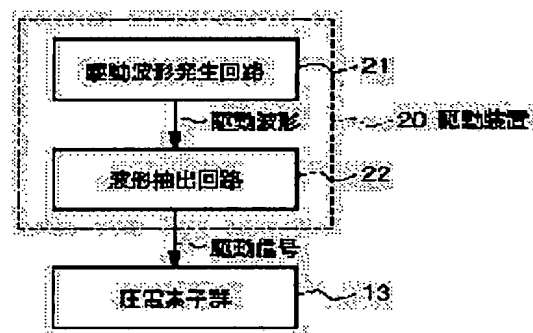
(72)Inventor : OTA TAKASHI

## (54) DRIVER AND DRIVING METHOD FOR INKJET RECORDING HEAD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a small and inexpensive driver and driving method for ink jet recording head in which the quantity of ink drop being ejected from a nozzle can be controlled to enhance print quality while increasing the spring speed.

**SOLUTION:** The driver for an ink jet recording head where ink contained in a pressure chamber is ejected from a nozzle communicating with the pressure chamber by varying the pressure in the pressure chamber by means of a piezoelectric element 13 comprises a circuit 21 for generating a driving waveform including a part where n (an integer of 2 or above) single period basic waveforms of specified shape are connected, and a circuit 22 for extracting the basic waveforms, corresponding in number to an external print data, from n basic waveforms contained in the driving waveform generated from the driving waveform generating circuit 21 and supplying a signal containing the extracted basic waveforms, as a driving waveform, to the piezoelectric element 13.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.04.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.12.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-318153

(P2000-318153A)

(43)公開日 平成12年11月21日(2000.11.21)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーム(参考)

B 4 1 J 2/045  
2/055  
2/205

B 4 1 J 3/04

1 0 3 A 2 C 0 5 7  
1 0 3 X

審査請求 有 請求項の数24 O L (全 21 頁)

(21)出願番号 特願平11-125775

(22)出願日 平成11年5月6日(1999.5.6)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 太田 孝

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

(74)代理人 100102864

弁理士 工藤 実 (外1名)

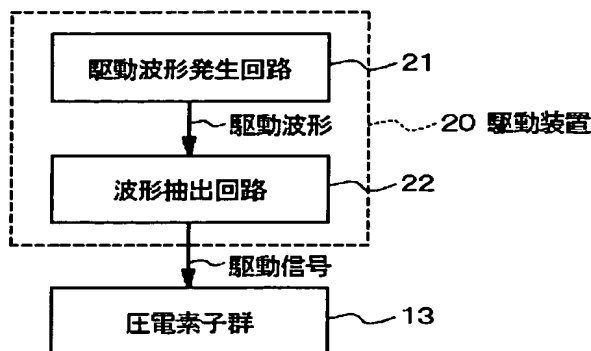
Fターム(参考) 2C057 AF09 AF39 AM03 AM18 AM21  
AR08 AR16 BA04 BA14

(54)【発明の名称】 インクジェット記録ヘッドの駆動装置及び駆動方法

(57)【要約】

【課題】印刷速度を上げることができ、しかも印刷品質を向上させるようにノズルから吐出されるインク滴の量を制御できる小型・低コストのインクジェット記録ヘッドの駆動装置及び駆動方法を提供する。

【解決手段】ノズルに連通した圧力室の圧力を圧電素子によって変化させることにより、該圧力室に収容されたインクが前記ノズルから吐出するインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、所定形状を有する単周期の基本波形をn個(nは2以上の整数)つなげた部分を含む駆動波形を生成する駆動波形発生回路21と、該駆動波形発生回路で生成された駆動波形に含まれるn個の基本波形の中から、外部からの印刷データに応じた数の基本波形を抽出し、該抽出された基本波形を含む信号を駆動信号として前記圧電素子に供給する波形抽出回路22、とを備えている。



BEST AVAILABLE COPY

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】ノズルに連通した圧力室の圧力を圧電素子によって変化させることにより、該圧力室に収容されたインクが前記ノズルから吐出するインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、

所定形状を有する単周期の基本波形を  $n$  個 ( $n$  は 2 以上の整数) つなげた部分を含む駆動波形を生成する駆動波形発生回路と、

該駆動波形発生回路で生成された駆動波形に含まれる  $n$  個の基本波形の中から、外部からの印刷データに応じた数の基本波形を抽出し、該抽出された基本波形を含む信号を駆動信号として前記圧電素子に供給する波形抽出回路、とを備えたインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 2】前記基本波形は、該基本波形を前記圧電素子に印加した場合に、前記ノズル先端部の開口面のインクメニスカスの残留振動が 30% 以下となる波形である請求項 1 に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 3】前記基本波形は、所定レベルから立ち上がる第 1 の立ち上げ部、該第 1 の立ち上げ部の終点のレベルを保つ第 1 の保持部、該第 1 の保持部の終点から立ち下がる立ち下げ部、該立ち下げ部の終点のレベルを保持する第 2 の保持部及び該第 2 の保持部の終点から立ち上がる第 2 の立ち上げ部から構成される請求項 1 又は 2 に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 4】前記基本波形は、所定レベルから立ち上がる第 1 の立ち上げ部、該第 1 の立ち上げ部の終点から立ち下がる立ち下げ部、該立ち下げ部の終点のレベルを保持する保持部及び該保持部の終点から立ち上がる第 2 の立ち上げ部から構成される請求項 1 又は 2 に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 5】前記基本波形における前記第 1 の立ち上げ部の傾きは前記第 2 の立ち上げ部の傾きと同じである請求項 3 又は 4 に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 6】前記基本波形の第 1 の立ち上げ部の時間はインク流路の固有周期の 0.4 倍以下であり、前記基本波形の立ち下げ部の時間はインク流路の固有周期の 0.4 倍以下である請求項 3 乃至 5 の何れか 1 項に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 7】前記基本波形は、所定レベルから立ち下がる第 1 の立ち下げ部、該第 1 の立ち下げ部の終点のレベルを保つ第 1 の保持部、該第 1 の保持部の終点から立ち上がる立ち上げ部、該立ち上げ部の終点のレベルを保持する第 2 の保持部及び該第 2 の保持部の終点から立ち下がる第 2 の立ち下げ部から構成される請求項 1 又は 2 に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 8】前記基本波形は、所定レベルから立ち下がる第 1 の立ち下げ部、該第 1 の立ち下げ部の終点から立ち上がる立ち上げ部、該立ち上げ部の終点のレベルを保

2

持する保持部及び該保持部の終点から立ち下がる第 2 の立ち下げ部から構成される請求項 1 又は 2 に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 9】前記基本波形における前記第 1 の立ち下げ部の傾きは前記第 2 の立ち下げ部の傾きと同じである請求項 7 又は 8 に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 10】前記基本波形の第 1 の立ち下げ部の時間はインク流路の固有周期の 0.4 倍以下であり、前記基本波形の立ち上げ部の時間はインク流路の固有周期の 0.4 倍以下である請求項 7 乃至 9 の何れか 1 項に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 11】前記駆動波形発生回路で生成される駆動波形は、 $i$  番目 ( $i$  は 1 以上の整数であって、 $i < n$ ) の基本波形の終点のレベルが  $i + 1$  番目の基本波形の始点のレベルとなるようにつなげて成る第 1 部分と、 $n$  番目の基本波形の終点のレベルから 1 番目の基本波形の始点のレベルまで変化する第 2 部分とを有する請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 12】前記波形抽出回路は、外部からの印刷データに応じて、前記第 1 部分の中から、第 1 番目の基本波形から連続する  $j$  個 ( $j$  は 1 以上の整数であって、 $j \leq n$ ) の基本波形を抽出し、前記第 2 部分の終端から、前記抽出された  $j$  個の基本波形に対応する部分を抽出する請求項 11 に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動装置。

【請求項 13】ノズルに連通した圧力室の圧力を圧電素子によって変化させることにより、該圧力室に収容されたインクが前記ノズルから吐出するインクジェット記録ヘッドの駆動方法であって、

所定形状を有する単周期の基本波形を  $n$  個 ( $n$  は 2 以上の整数) つなげた部分を含む駆動波形を生成する第 1 ステップと、

該生成された駆動波形に含まれる  $n$  個の基本波形の中から、外部からの印刷データに応じた数の基本波形を抽出し、該抽出された基本波形を含む信号を駆動信号として前記圧電素子に供給する第 2 ステップ、とを備えたインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 14】前記基本波形は、該基本波形を前記圧電素子に印加した場合に、前記ノズル先端部の開口面のインクメニスカスの残留振動が 30% 以下となる波形である請求項 13 に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 15】前記基本波形は、所定レベルから立ち上がる第 1 の立ち上げ部、該第 1 の立ち上げ部の終点のレベルを保つ第 1 の保持部、該第 1 の保持部の終点から立ち下がる立ち下げ部、該立ち下げ部の終点のレベルを保持する第 2 の保持部及び該第 2 の保持部の終点から立ち上がる第 2 の立ち上げ部から構成される請求項 13 又は

## 3

14に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項16】前記基本波形は、所定レベルから立ち上がる第1の立ち上げ部、該第1の立ち上げ部の終点から立ち下がる立ち下げ部、該立ち下げ部の終点のレベルを保持する保持部及び該保持部の終点から立ち上がる第2の立ち上げ部から構成される請求項13又は14に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項17】前記基本波形における前記第1の立ち上げ部の傾きは前記第2の立ち上げ部の傾きと同じである請求項15又は16に記載のインクジェット記録ヘッド 10の駆動方法。

【請求項18】前記基本波形の第1の立ち上げ部の時間はインク流路の固有周期の0.4倍以下であり、前記基本波形の立ち下げ部の時間はインク流路の固有周期の0.4倍以下である請求項15乃至17の何れか1項に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項19】前記基本波形は、所定レベルから立ち下がる第1の立ち下げ部、該第1の立ち下げ部の終点のレベルを保つ第1の保持部、該第1の保持部の終点から立ち上がる立ち上げ部、該立ち上げ部の終点のレベルを保持 20する第2の保持部及び該第2の保持部の終点から立ち下がる第2の立ち下げ部から構成される請求項13又は14に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項20】前記基本波形は、所定レベルから立ち下がる第1の立ち下げ部、該第1の立ち下げ部の終点から立ち上がる立ち上げ部、該立ち上げ部の終点のレベルを保持する保持部及び該保持部の終点から立ち下がる第2の立ち下げ部から構成される請求項13又は14に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項21】前記基本波形における前記第1の立ち下 30げ部の傾きは前記第2の立ち下げ部の傾きと同じである請求項19又は20に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項22】前記基本波形の第1の立ち下げ部の時間はインク流路の固有周期の0.4倍以下であり、前記基本波形の立ち上げ部の時間はインク流路の固有周期の0.4倍以下である請求項19乃至21の何れか1項に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項23】前記第1ステップで生成される駆動波形は、 $i$ 番目 ( $i$ は1以上の整数であって、 $i < n$ )の基 40本波形の終点のレベルが $i+1$ 番目の基本波形の始点のレベルとなるようにつなげて成る第1部分と、 $n$ 番目の基本波形の終点のレベルから1番目の基本波形の始点のレベルまで変化する第2部分とを有する請求項13乃至22の何れか1項に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【請求項24】前記第2ステップでは、外部からの印刷データに応じて、前記第1部分の中から、第1番目の基本波形から連続する $j$ 個 ( $j$ は1以上の整数であって、 $j \leq n$ )の基本波形を抽出し、前記第2部分の終端か 50

## 4

ら、前記抽出された $j$ 個の基本波形に対応する部分を抽出する請求項23に記載のインクジェット記録ヘッドの駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばプリンタ、ファクシミリ、複写機等に用いられるインクジェット記録ヘッドの駆動装置及び駆動方法に関し、特に吐出インク滴量を制御する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、インクジェット方式の記録装置が知られている。この記録装置に使用されるインクジェット記録ヘッドは、副走査方向（用紙の進行方向）に複数のノズルを備えており、キャリッジ機構によって主走査方向（用紙の進行方向に直交する方向）に移動される。そして、印刷データを展開することにより得られたドットパターンデータに応じてインクジェット記録ヘッドの各ノズルからインク滴がそれぞれ所定のタイミングで吐出される。これにより、各ノズルからのインク滴が記録紙に付着し、印刷が行われる。このようにインクジェット方式の記録装置では、インク滴を吐出するかしないかによって、つまりドットのオン/オフを制御することによって印刷が行われるため、このままでは灰色等の中間階調を表現できない。

【0003】そこで、中間階調を表現するために、1つの画素を複数のドットで表現する方法が採用されている。例えば $4 \times 4$ のドットマトリクスで1つの画素を表現すれば、16階調（全白を含めると17階調）で濃淡を表すことができる。1画素あたりのドット数を増やせば、更に細かい階調表現を行うことができる。しかし、ドットの径を変えずに階調を上げると実質的な解像度は低下する。また、記録紙上に形成される記録ドット径が大きいと、低濃度領域の粒状性が目立ち印刷品質が低下する。

【0004】これらの問題は、インク滴の重量を少なくして記録ドット径を小さくすることにより解決できる。しかし、記録ドット径を小さくすれば印刷速度が低下する。この印刷速度の低下を防止するためには、インク滴を吐出する間隔を短くするか、ノズル数を増やせばよいが、いずれも容易ではない。

【0005】このような問題を解消するために、例えば特開平9-11457号公報に、1つのノズルから吐出するインク滴の量を制御することにより記録ドットの大きさを変え、以て階調表現を可能にする「インクジェット記録ヘッドの駆動装置」が開示されている。この駆動装置では、複数のノズルのそれぞれに対応して設けられた圧電体に駆動信号が供給される。圧電体は、供給された駆動信号に応じて伸縮し、これにより複数のノズルのそれぞれに対応して設けられた圧力室（インクが収容されている）の圧力変化が引き起こされる。その結果、圧

5

力変化に応じた量のインク滴が各ノズルから吐出される。

【0006】この駆動装置で使用される駆動信号は、互いに異なる形状を有する複数の波形信号を同時に発生させておき、印刷データに応じて複数の波形信号の中から1つの波形信号を選択することにより生成される。これにより、波形信号に応じてノズルから吐出されるインク量が制御されるので、記録紙上に着滴する記録ドットの径を変えることができる。

【0007】また、特開平10-81012号公報に<sup>10</sup>は、上述したインクジェット記録ヘッドの駆動装置と同様の原理で動作する「インクジェット式プリンタヘッドの駆動装置及び駆動方法」が開示されている。この駆動装置で使用される駆動信号は、1つの記録ドットを形成するために必要な印刷周期内に4個の駆動パルスを含んでいる。そして、各印刷周期において、4個の駆動パルスの中から印刷データに応じて1個又は2個以上の駆動パルスを順次圧力発生素子に供給する。

【0008】これにより、圧力発生素子は駆動パルスに応じた圧力変化を引き起こすので、この圧力変化に応じた量のインク滴が吐出される。従って、1つの駆動パルスが圧力発生素子に供給されると印刷周期内で1つのインク滴が吐出され、複数の駆動パルスが圧力発生素子に順次供給されると該印刷周期内で複数のインク滴が吐出される。これにより、記録紙上に着滴するインク量が制御され、記録ドットの径を変えることができる。

【0009】更に、特開平10-81014号公報には、上記特開平10-81012号公報に記載されたような4個の駆動パルスから構成される駆動信号ではなく、3個の駆動パルスから構成される駆動信号を用いて<sup>30</sup>記録紙上に着滴するインク量を制御し、以て記録ドットの径を変更する「インクジェット式プリンタヘッドの駆動装置及び駆動方法」が開示されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記特開平9-11457号公報に開示されたインクジェット記録ヘッドの駆動装置を用いれば、ノズル数を増やすことなく印刷速度を上げることができる。しかしながら、複数の波形信号の中から1つの波形信号を選択するためのハードウェア（より具体的にはトランスファゲート32）を複数の圧<sup>40</sup>電体のそれぞれに対応させて設ける必要があるのでハードウェア量が膨大になる。例えば、インク滴量を3段階に変換する場合、ノズル数の3倍のトランスファゲート32が必要になる。その結果、駆動装置をコンパクトに構成できず、また、コストが高くなるという問題がある。

【0011】また、特開平10-81012号公報及び特開平10-81014号公報に開示された技術を用いれば、ノズル数を増やすことなく印刷速度を上げることができ、しかも複数の波形信号の中から1つの波形信号<sup>50</sup>

6

を選択する必要がないので、波形信号を選択するためのハードウェアは不要である。しかし、印刷周期毎に出力される複数の駆動パルスのうちの少なくとも1つの駆動パルスは、その一部がヘルムホルツ周期と略同一になるように生成されるため、印刷周期を短くして印刷速度を上げるには限界がある。また、印刷周期内の複数の駆動パルスの中から吐出すべきインク滴の量に応じた数の駆動パルスが順次圧力発生素子に供給されるため、どの駆動パルスが供給されるかによってインク滴の吐出タイミングが異なる。その結果、インク滴の着滴位置ずれが発生し印刷品質が劣化するという問題がある。例えば、第1パルスと第3パルスとの間の時間周期は、印刷周期の半分となっているため、第1パルスによるドットと第3パルスによるドットでは半ピッチずれることになる。ドットピッチを720ドット/インチ（=35 $\mu$ m）とすると、18 $\mu$ mずれることになる。

【0012】本発明は、上述した種々の問題を解消するためになされたものであり、その目的は、印刷速度を上げることができ、しかも印刷品質を向上させるようにノズルから吐出されるインク滴の量を制御できる小型・低コストのインクジェット記録ヘッドの駆動装置及び駆動方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の態様に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置は、上記目的を達成するために、ノズルに連通した圧力室の圧力を圧電素子によって変化させることにより、該圧力室に収容されたインクが前記ノズルから吐出するインクジェット記録ヘッドの駆動装置であって、所定形状を有する単周期の基本波形をn個（nは2以上の整数）つなげた部分を含む駆動波形を生成する駆動波形発生回路と、該駆動波形発生回路で生成された駆動波形に含まれるn個の基本波形の中から、外部からの印刷データに応じた数の基本波形を抽出し、該抽出された基本波形を含む信号を駆動信号として前記圧電素子に供給する波形抽出回路、とを備えている。

【0014】この第1の態様に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置では、前記基本波形は、該基本波形を前記圧電素子に印加した場合に、前記ノズル先端部の開口面のインクメニスカスの残留振動が30%以下となる波形とすることができる。また、前記基本波形は、所定レベルから立ち上がる第1の立ち上げ部、該第1の立ち上げ部の終点のレベルを保つ第1の保持部、該第1の保持部の終点から立ち下がる立ち下げ部、該立ち下げ部の終点のレベルを保持する第2の保持部及び該第2の保持部の終点から立ち上がる第2の立ち上げ部から構成できる。また、前記基本波形は、所定レベルから立ち上がる第1の立ち上げ部、該第1の立ち上げ部の終点から立ち下がる立ち下げ部、該立ち下げ部の終点のレベルを保持する保持部及び該保持部の終点から立ち上がる第2の立

7

ち上げ部から構成できる。これら場合、前記基本波形における前記第1の立ち上げ部の傾きは前記第2の立ち上げ部の傾きと同じにすることができる。また、前記基本波形の第1の立ち上げ部の時間はインク流路の固有周期の0.4倍以下であり、前記基本波形の立ち下げ部の時間はインク流路の固有周期の0.4倍以下とすることができる。

【0015】また、第1の態様に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置では、前記基本波形は、所定レベルから立ち下がる第1の立ち下げ部、該第1の立ち下げ部の終点のレベルを保つ第1の保持部、該第1の保持部の終点から立ち上がる立ち上げ部、該立ち上げ部の終点のレベルを保持する第2の保持部及び該第2の保持部の終点から立ち下がる第2の立ち下げ部から構成できる。また、前記基本波形は、所定レベルから立ち下がる第1の立ち下げ部、該第1の立ち下げ部の終点から立ち上がる立ち上げ部、該立ち上げ部の終点のレベルを保持する保持部及び該保持部の終点から立ち下がる第2の立ち下げ部から構成できる。これらの場合、前記基本波形における前記第1の立ち下げ部の傾きは前記第2の立ち下げ部の傾きと同じにすることができる。また、前記基本波形の第1の立ち下げ部の時間はインク流路の固有周期の0.4倍以下であり、前記基本波形の立ち上げ部の時間はインク流路の固有周期の0.4倍以下とすることができる。

【0016】また、前記駆動波形発生回路で生成される駆動波形は、 $i$ 番目 ( $i$ は1以上の整数であって、 $i < n$ ) の基本波形の終点のレベルが  $i+1$  番目の基本波形の始点のレベルとなるようにつなげて成る第1部分と、 $n$ 番目の基本波形の終点のレベルから1番目の基本波形の始点のレベルまで変化する第2部分とを有するように構成できる。

【0017】この場合、前記波形抽出回路は、外部からの印刷データに応じて、前記第1部分の中から、第1番目の基本波形から連続する  $j$  個 ( $j$ は1以上の整数であって、 $j \leq n$ ) の基本波形を抽出し、前記第2部分の終端から、前記抽出された  $j$  個の基本波形に対応する部分を抽出するように構成できる。

【0018】また、本発明の第2の態様に係るインクジェット記録ヘッドの駆動方法は、上記と同様の目的で、 $40$  ノズルに連通した圧力室の圧力を圧電素子によって変化させることにより、該圧力室に収容されたインクが前記ノズルから吐出するインクジェット記録ヘッドの駆動方法であって、所定形状を有する単周期の基本波形を  $n$  個 ( $n$ は2以上の整数) つなげた部分を含む駆動波形を生成する第1ステップと、該生成された駆動波形に含まれる  $n$  個の基本波形の中から、外部からの印刷データに応じた数の基本波形を抽出し、該抽出された基本波形を含む信号を駆動信号として前記圧電素子に供給する第2ステップ、とを備えている。

8

【0019】この第2の態様に係るインクジェット記録ヘッドの駆動方法では、前記基本波形は、該基本波形を前記圧電素子に印加した場合に、前記ノズル先端部の開口面のインクメニスカスの残留振動が30%以下となる波形で構成できる。また、前記基本波形は、所定レベルから立ち上がる第1の立ち上げ部、該第1の立ち上げ部の終点のレベルを保つ第1の保持部、該第1の保持部の終点から立ち下がる立ち下げ部、該立ち下げ部の終点のレベルを保持する第2の保持部及び該第2の保持部の終点から立ち上がる第2の立ち上げ部から構成できる。また、前記基本波形は、所定レベルから立ち上がる第1の立ち上げ部、該第1の立ち上げ部の終点から立ち下がる立ち下げ部、該立ち下げ部の終点のレベルを保持する保持部及び該保持部の終点から立ち上がる第2の立ち上げ部から構成できる。これらの場合、前記基本波形における前記第1の立ち上げ部の傾きは前記第2の立ち上げ部の傾きと同じにすることができる。また、前記基本波形の第1の立ち上げ部の時間はインク流路の固有周期の0.4倍以下であり、前記基本波形の立ち下げ部の時間はインク流路の固有周期の0.4倍以下とすることができる。

【0020】また、第2の態様に係るインクジェット記録ヘッドの駆動方法では、前記基本波形は、所定レベルから立ち下がる第1の立ち下げ部、該第1の立ち下げ部の終点のレベルを保つ第1の保持部、該第1の保持部の終点から立ち上がる立ち上げ部、該立ち上げ部の終点のレベルを保持する第2の保持部及び該第2の保持部の終点から立ち下がる第2の立ち下げ部から構成できる。また、前記基本波形は、所定レベルから立ち下がる第1の立ち下げ部、該第1の立ち下げ部の終点から立ち上がる立ち上げ部、該立ち上げ部の終点のレベルを保持する保持部及び該保持部の終点から立ち下がる第2の立ち下げ部から構成できる。これらの場合、前記基本波形における前記第1の立ち下げ部の傾きは前記第2の立ち下げ部の傾きと同じにすることができる。また、前記基本波形の第1の立ち下げ部の時間はインク流路の固有周期の0.4倍以下であり、前記基本波形の立ち上げ部の時間はインク流路の固有周期の0.4倍以下とすることができる。

【0021】また、前記第1ステップで生成される駆動波形は、 $i$ 番目 ( $i$ は1以上の整数であって、 $i < n$ ) の基本波形の終点のレベルが  $i+1$  番目の基本波形の始点のレベルとなるようにつなげて成る第1部分と、 $n$ 番目の基本波形の終点のレベルから1番目の基本波形の始点のレベルまで変化する第2部分とを有するように構成できる。

【0022】この場合、前記第2ステップでは、外部からの印刷データに応じて、前記第1部分の中から、第1番目の基本波形から連続する  $j$  個 ( $j$ は1以上の整数であって、 $j \leq n$ ) の基本波形を抽出し、前記第2部分の

終端から、前記抽出された  $j$  個の基本波形に対応する部分を抽出するように構成できる。

【0023】

【発明の実施の形態】（実施の形態1）図1は本発明の実施の形態1に係る駆動装置が適用されるインクジェット記録ヘッドの機械的構造を部分的に示す。このインクジェット記録ヘッドは、インクを収容した圧力室を圧電素子で押圧することによってインク滴を吐出させる方式を採用している。

【0024】このインクジェット記録ヘッドは、ノズルプレート10の上に圧力室プレート11を介して振動板12が設けられ、この振動板12の上に更に圧電素子13a、13b及び13cが設けられている。各圧電素子13a、13b及び13cとしては、圧電材料を積層することにより構成された積層タイプの圧電素子が使用されている。

【0025】そして、図示するようにノズルプレート10、圧力室プレート11及び振動板12により複数の圧力室14a、14b及び14cが形成されている。ノズルプレート10には、各圧力室14a、14b及び14cに連通する、断面がR形状のノズル10a、10b、10cが形成されている。また、図示は省略してあるが、各圧力室14a、14b及び14cにはインクを供給するための供給口が設けられている。

【0026】このように構成されるインクジェット記録ヘッドでは、例えば圧電素子13bに電圧を印加すると、その圧電素子13bは図中下方向に伸長し圧力室14b中のインクを圧縮する。これにより、ノズル10bからインク滴15が吐出される。このインクジェット記録ヘッドを印刷用紙等の記録媒体に対して相対的に移動させながら、外部から供給される印刷データに基づいて所定のタイミングで所定の圧電素子を駆動することにより、文字や図形等が記録媒体上に記録される。

【0027】図2は本発明の実施の形態1に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置20の構成を概略的に示すブロック図である。この駆動装置20は、駆動波形発生回路21と波形抽出回路22とから構成されている。

【0028】駆動波形発生回路21は、駆動波形を所定の周波数で連続的に発生する。この駆動波形発生回路21で発生された駆動波形は波形抽出回路22に供給される。波形抽出回路22は、駆動波形発生回路21からの駆動波形の一部又は全部を、印刷データに応じて取り出すことにより駆動信号を生成する。この波形抽出回路22で生成された駆動信号は、圧電素子群13に印加される。これにより、圧電素子群13に含まれる各圧電素子が駆動される。

【0029】次に、駆動波形を生成するために使用される基本波形を説明する。基本波形は、図3（A）に示すように、第1の立ち上げ部、この第1の立ち上げ部に続く第1の保持部、この第1の保持部に続く立ち下げ部、

この立ち下げ部に続く第2の保持部及びこの第2の保持部に続く第2の立ち上げ部から構成されており、それぞれ時間  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$ 、 $t_5$  の区間を有する。第1の立ち上げ部の電位差は  $V_1$ 、立ち下げ部の電位差は  $V_2$ 、第2の立ち上げ部の電位差は  $V_3$  である。電圧  $V_1$  はインクジェット記録ヘッドの構造に応じて任意に決定できる。

【0030】ここで、基本波形は、例えば、インク流路の固有周期を  $T_c$  とした場合、時間  $t_1$  が「 $0.1 \times T_c$ 」、時間  $t_2$  が「 $0.03 \times T_c$ 」、時間  $t_3$  が「 $0.1 \times T_c$ 」、時間  $t_4$  が「 $0.08 \times T_c$ 」、時間  $t_5$  が「 $0.066 \times T_c$ 」であり、第1の立ち上げ部傾きと第2の立ち上げ部の傾きとは同一となるように形成される。なお、この実施の形態1では、第1の立ち上げ部の傾きと第2の立ち上げ部の傾きとは同一になるようにしているが、これらは必ずしも同一である必要はない。同一の場合は、駆動波形発生回路21が簡略化されて低コストになるというメリットがある。また、基本波形として、図3（C）に示すように、時間  $t_2$  をゼロにした波形を用いることもできる。

【0031】このような基本波形をインクジェット記録ヘッドの圧電素子に供給し、ノズル先端部の開口面のインクメニスカスの速度波形を求めると、図3（B）に示すように、一山の速度波形が発生した後は、残留振動が殆ど発生しないことが確認された。また、その速度波形の山の面積にノズル先端部の開口面の面積を乗じたものが吐出インク滴量とほぼ等しくなることが確認された。

【0032】ノズル先端部の開口面のインクメニスカスの速度波形は、圧電素子に印加する電圧波形の電圧値のみをインク滴が吐出しないレベルにまで一定倍率  $\alpha$  ( $< 1$ ) を乗じて低電圧化した波形を圧電素子に印加し、その時のノズル先端部の開口面のインクメニスカスの速度波形をレーザドップラ速度計を用いて測定し、その得られた波形の速度値のみを  $1/\alpha$  倍して求める。また、音響シミュレーションによっても求めることができる。

【0033】なお、上述したインク流路の固有周期  $T_c$  は、次のようにして求めることができる。即ち、ノズルからインク滴が吐出しない程度の低い電圧波形、例えば図5（A）に示すような所定時間  $t_0$  で所定電圧まで立ち上がる電圧波形を圧電素子に供給し、その時のノズル先端部の開口面のインクメニスカスの動作を、レーザドップラ速度計を用いて測定する。これにより、図5

（B）に示すような速度波形が得られる。次に、この速度波形の、時間  $t_0$  が経過した以降に出現する山と山の間の時間を求める。この求められた時間がインク流路の固有周期  $T_c$  である。なお、このインク流路の固有周期  $T_c$  はシミュレーションによって求めることもできる。

【0034】駆動波形は、上述した基本波形を複数個つなげることにより生成される。この駆動波形は、図4（A）に示すように、第1基本波形の終点に第2基本波

## 11

形の始点を接続し、第2の基本波形の終点に第3基本波形の始点を接続し、第3の基本波形の終点から一定時間の経過後に第1基本波形の始点の電圧まで下降する形状を有する。なお、この実施の形態1では3個の基本波形を使用して駆動波形を構成しているが、基本波形の数は3個に限定されず任意に決定できる。

【0035】また、駆動波形は、図4(B)に示すように、第1基本波形の終点に該終点のレベルを保持する第1保持部の始点を接続し、この第1保持部の終点に第2基本波形の始点を接続し、第2の基本波形の終点に該終点のレベルを保持する第2保持部の始点を接続し、この第2保持部の終点に第3基本波形の始点を接続し、第3の基本波形の終点から一定時間の経過後に第1基本波形の始点の電圧まで下降する形状を有するように構成できる。なお、以下では、図4(A)に示した駆動波形を用いて説明する。

【0036】次に、駆動波形発生回路21の詳細な構成を、図6に示した回路図を参照しながら説明する。この駆動波形発生回路21は、第1充電用定電流回路210、第2充電用定電流回路211、第1放電用定電流回路212、第2放電用定電流回路213、トランジスタTr1及びTr2、抵抗R1、R2、R3、R4、R5及びR6、コンデンサC並びに電流増幅回路214から構成されている。この駆動波形発生回路21には、図示しないタイミング発生回路からタイミング信号T1、T2、T3及びT4が供給される。

【0037】第1充電用定電流回路210は、トランジスタQ1及びQ2並びに抵抗R10から構成されている。この第1充電用定電流回路210の制御端子Tcには抵抗R2を介してトランジスタTr1のコレクタが接続されている。このトランジスタTr1のエミッタは接地され、ベースには抵抗R1を介してタイミング信号T1が入力される。また、この第1充電用定電流回路210の出力端子ToはコンデンサCの第1端子に接続されている。このコンデンサCの第2端子は接地されている。この第1充電用定電流回路210は、タイミング信号T1が高レベル（以下、「Hレベル」という）になることによりアクティブにされ、所定の大きさの電流を出力する。

【0038】第2充電用定電流回路211の構成は、上記第1充電用定電流回路210と同一であり、トランジスタQ1及びQ2の特性、並びに抵抗R10の抵抗値も同じである。この第2充電用定電流回路211の制御端子Tcには抵抗R4を介してトランジスタTr2のコレクタが接続されている。このトランジスタTr2のエミッタは接地され、ベースには抵抗R3を介してタイミング信号T2が入力される。また、この第2充電用定電流回路211の出力端子ToはコンデンサCの第1端子に接続されている。この第2充電用定電流回路211は、タイミング信号T2がHレベルになることによりアクテ

## 12

ィブにされ、上記第1充電用定電流回路210と同じ大きさの電流を出力する。

【0039】第1放電用定電流回路212は、トランジスタQ3及びQ4並びに抵抗R20から構成されている。この第1放電用定電流回路212の制御端子Tcには抵抗R5を介してタイミング信号T3が入力される。また、この第1放電用定電流回路212の入力端子TiはコンデンサCの第1端子に接続されている。この第1放電用定電流回路212は、タイミング信号T3がHレベルになることによりアクティブにされ、入力端子Tiから電流を入力する。

【0040】第2放電用定電流回路213は、トランジスタQ5及びQ6並びに抵抗R30から構成されている。この第2放電用定電流回路213の制御端子Tcには抵抗R6を介してタイミング信号T4が入力される。また、この第2放電用定電流回路213の入力端子TiはコンデンサCの第1端子に接続されている。この第2放電用定電流回路213は、タイミング信号T4がHレベルになることによりアクティブにされ、入力端子Tiから電流を入力する。

【0041】コンデンサCの第1端子は、上述したように第1充電用定電流回路210及び第2充電用定電流回路211の各出力端子To並びに第1放電用定電流回路212及び第2放電用定電流回路213の各入力端子Tiに接続されている他に、更に電流増幅回路214の入力端子に接続されている。このコンデンサCに蓄積された電荷は、第1充電用定電流回路210及び第2充電用定電流回路211がアクティブにされることによりこれらからの電流が流入して充電される。一方、第1放電用定電流回路212及び第2放電用定電流回路213がアクティブにされることによりこれらへ電流が流出して放電される。

【0042】電流増幅回路214は、トランジスタQ7及びQ8から構成されており、コンデンサCの第1端子に流れる電流を増幅する。この電流増幅回路214により増幅された信号が、駆動波形として波形抽出回路22に供給される。

【0043】次に、この駆動波形発生回路21の動作を、図7に示したタイミングチャートを参照しながら説明する。

【0044】図示しないタイミング発生回路は、図7(A)に示すように、基本波形の第1の立ち上げ部に対応する時間t1だけHレベルになるタイミング信号T1を発生する。また、図7(C)に示すように、タイミング信号T1の立ち下がりの変化から第1の保持部に対応する時間t2後に立ち上がり、立ち下げ部に対応する時間t3だけHレベルになるタイミング信号T3を発生する。また、図7(B)に示すように、タイミング信号T3の立ち下がりの変化から第2の保持部に対応する時間t4後に立ち上がり、第2の立ち上げ部に対応する時間



13

t 5 だけHレベルになるタイミング信号T 2を発生する。更に、図7 (D) に示すように、タイミング信号T 2の第3基本波形に対応する部分の立ち下がりの変化からt 6時間後に立ち上がり、時間t 7だけHレベルになるタイミング信号T 4を発生する。

【0045】第1充電用定電流回路210は、タイミング信号T 1がHレベルにされることによりアクティブにされ、電源+Vからの電流が抵抗R 10及びトランジスタQ 2を介して出力端子T oから出力される。これにより、コンデンサCは、第1充電用定電流回路210内の抵抗R 10とコンデンサCとで形成されるCR回路の時定数に応じた速度で充電される。この充電により、図7 (E) に示すように、上記時定数に応じた傾きを有する第1の立ち上げ部が形成される。

【0046】次いで、タイミング信号T 1が立ち下がって低レベル（以下、「Lレベル」という）になると、第1充電用定電流回路210からの電流の出力は停止され、コンデンサCに蓄えられた電荷はそのまま保持される。この状態は、次にタイミング信号T 3がHレベルになるまで維持される。これにより、時間t 2だけ第1立ち上げ部の終端部のレベルを維持する第1の保持部が形成される。

【0047】次いで、タイミング信号T 3が、図7

(B) に示すように、Hレベルになると、第1放電用定電流回路212がアクティブにされ、コンデンサCに保持されている電荷が、トランジスタQ 4及び抵抗R 20を介してグランドに流れる。これにより、コンデンサCは、第1放電用定電流回路212内の抵抗R 20とコンデンサCとで形成されるCR回路の時定数に応じた速度で放電される。この放電により、図7 (E) に示すように、上記時定数に応じた傾きを有する立ち下げ部が形成される。

【0048】次いで、タイミング信号T 3が立ち下がってLレベルになると、第1放電用定電流回路212への電流の入力は停止され、コンデンサCに蓄えられた電荷はそのまま保持される。この状態は、次にタイミング信号T 2がHレベルになるまで維持される。これにより、時間t 4だけ立ち下げ部の終端部のレベルを維持する第2の保持部が形成される。

【0049】次いで、第2充電用定電流回路211は、タイミング信号T 2がHレベルにされることによりアクティブにされ、電源+Vからの電流が抵抗R 10及びトランジスタQ 2を介して出力端子T oから出力される。これにより、コンデンサCは、第2充電用定電流回路211内の抵抗R 10とコンデンサCとで形成されるCR回路の時定数に応じた速度で充電される。この充電により、図7 (E) に示すように、上記時定数に応じた傾きを有する第2の立ち上げ部が形成される。

【0050】ここで、第1充電用定電流回路210及び第2充電用定電流回路211は、同じ構成であるので、

14

これらの回路の時定数も同じである。その結果、第1立ち上げ部の傾きは第2立ち上げ部の傾きと同じになる。なお、第1立ち上げ部の傾きを第2立ち上げ部の傾きと異なるようにする場合は、第1充電用定電流回路210内の抵抗R 10の値と第2充電用定電流回路211内の抵抗R 10の値とが異なるように構成すればよい。

【0051】次いで、タイミング信号T 2が立ち下がってLレベルになると、第1放電用定電流回路212への電流の入力は停止され、コンデンサCに蓄えられた電荷はそのまま保持される。ところで、第1基本波形及び第2基本波形に対応する部分では、タイミング信号T 2が立ち下がってLレベルになると同時に第1タイミング信号T 1が立ち上がってHレベルになるように制御される。その結果、再び第1の立ち上げ部が形成される。

【0052】一方、第3基本波形に対応する部分では、その第2の立ち上げ部の終端部のレベルは、次にタイミング信号T 4がHレベルになるまで維持される。これにより、時間t 6だけ第2立ち上げ部の終端部のレベルが保持される。この時間t 6により、第2充電用定電流回路211と第2放電用定電流回路213とが同時にアクティブになることに因る電源とグランドとの短絡が防止される。なお、上記第1の保持部及び第2の保持部も電源とグランドとの短絡防止の機能を有する。

【0053】次いで、第2放電用定電流回路213は、タイミング信号T 4がHレベルにされることによりアクティブにされ、コンデンサCに保持されている電荷が、トランジスタQ 6及び抵抗R 30を介してグランドに流れる。これにより、コンデンサCは、第2放電用定電流回路213内の抵抗R 30とコンデンサCとで形成されるCR回路の時定数に応じた速度で放電される。この場合、図7 (E) に示すように、時間t 1、t 2、t 3、t 4、t 5及びt 6の間でコンデンサCに蓄積された電荷を、時間t 7で全て放電するように、換言すれば、時間t 7で第1基本波形の先頭のレベルになるように上記時定数、つまり抵抗R 30の値が決定される。

【0054】以上のようなコンデンサCの充放電によりコンデンサCの第1端子に流れる電流は、電流増幅回路214で増幅されて、駆動波形として波形抽出回路22に供給される。

【0055】次に、波形抽出回路22の詳細な構成を、図8に示したブロック図を参照しながら説明する。なお、波形抽出回路22は一般に数百個の圧電素子を駆動するための駆動信号を生成するが、ここでは説明を簡単にするために、4個の圧電素子13a、13b、13c及び13dを駆動するための駆動信号を生成するものとする。

【0056】波形抽出回路22は、システム制御回路23、シフト回路24a、24b、24c及び24d、ラッチ回路25a、25b、25c及び25d、レベル変換回路26a、26b、26c及び26d、並びにスイ

15

ッチ回路27a、27b、27c及び27dから構成されている。

【0057】システム制御回路23は、この駆動装置20の全体を制御する。即ち、このシステム制御回路23はクロック信号を生成してシフト回路24a～24dに供給する。また、ラッチ信号を生成してラッチ回路25a～25dに供給する。また、外部からのデータをシリアル印刷データとしてシフト回路24aに順次供給する。更に、駆動波形の発生開始を指示する開始信号を生成して駆動波形発生回路21に供給する。

【0058】各シフト回路24a～24dは、例えば1ビットのDタイプフリップフロップで構成されている。シフト回路24aは、システム制御回路23から供給される印刷データをクロック信号に同期して記憶し、シフト回路24b、24c及び24dは、それぞれ前段のシフト回路24a、24b及び24cからの印刷データクロック信号に同期して記憶する。これにより、シフト回路24a～24dは、クロック信号に同期してシステム制御回路23からの印刷データを順次シフトする4ビットのシフトレジスタを形成する。各シフト回路24a～24dに記憶された印刷データは、それぞれラッチ回路25a～25dに供給される。

【0059】各ラッチ回路25a～25dは、各シフト回路24a～24dからの印刷データを、システム制御回路23からのラッチ信号に同期してラッチする。各ラッチ回路25a～25dにラッチされた印刷データは、それぞれレベル変換回路26a～26dに供給される。

【0060】各レベル変換回路26a～26dは、例えば増幅器で構成され、各ラッチ回路25a～25dからの信号のレベルを変換してそれぞれスイッチ回路27a～27dに供給する。これにより、各スイッチ回路27a～27dを制御するのに十分なレベルのゲート制御信号が、各スイッチ回路27a～27dに供給される。

【0061】各スイッチ回路27a～27dは、ゲート制御信号に応じてオン/オフするゲート回路で構成される。各スイッチ回路27a～27bの入力端子には駆動波形発生回路21からの駆動波形が入力され、ゲート制御端子には各レベル変換回路26a～26dからの制御信号が入力される。各スイッチ回路27a～27dの出力端子は、各圧電素子13a～13dの一方の端子に接続されている。そして、各スイッチ回路27a～27dからの信号が駆動信号として各圧電素子13a～13dに供給される。各圧電素子13a～13dの他方の端子は接地されている。

【0062】次に、上記のように構成される波形抽出回路22の動作を、図9～図11に示すタイミングチャートを参照しながら説明する。

【0063】先ず、3山駆動の場合を、図9に示したタイミングチャートを参照しながら説明する。この3山駆動は、システム制御回路23から、印刷データとして3

16

回連続して有意データ（この実施の形態では「1」とする）を出力することにより発生する。

【0064】即ち、システム制御回路23が、図9（C）に示すように、区間TM0で印刷データとして「1111B」（末桁の「B」は2進数であることを表す。以下同じ）を順次出力すると、シフト回路24a～24dは、図9（D）に示すように、この印刷データをクロック信号に同期して順次シフトしながら取り込む。そして、全てのシフト回路24a～24dに「1」が記憶された状態でシフト動作が停止する。

【0065】次いで、システム制御回路23は、図9（B）に示すように、区間TM1の先頭でラッチ信号をアクティブ（Hレベル）にする。これにより、シフト回路24a～24dに記憶されている印刷データ「1」が、ラッチ回路25a～25dにラッチされる。このラッチ回路25a～25dにラッチされたデータ「1」は、レベル変換回路26a～26dで信号レベルが変換され、スイッチ回路27a～27dに供給される。

【0066】その結果、各スイッチ回路27a～27dはオンになり、図9（F）の区間TM1に示すような基本波形と同一の形状を有する駆動信号が各圧電素子13a～13dに供給される。これにより、各ノズル10a～10dの先端部の開口面のインクは、図9（G）に示す速度波形で振動する。そして、この速度波形の山の裾野付近で最初のインク滴15が吐出される。

【0067】区間TM1では、上述した駆動信号の出力と並行して、システム制御回路23は、図9（C）に示すように、次の印刷データとして「1111B」を順次出力する。この印刷データは、上記と同様にして、シフト回路24a～24dに取り込まれ、全てのシフト回路24a～24dに「1」が記憶された状態でシフト動作が停止する。

【0068】次いで、システム制御回路23は、図9（B）に示すように、区間TM2の先頭、つまり区間TM1の基本波形の終点でラッチ信号をアクティブにする。これにより、上記区間TM1の場合と同様に、各スイッチ回路27a～27dはオンになり、図9（F）の区間TM2に示すように、区間TM1における基本波形の終点を始点とする基本波形と同一の形状を有する駆動信号が各圧電素子13a～13dに供給される。その結果、各ノズル10a～10dの先端部の開口面のインクは、図9（G）に示す速度波形で振動し、この速度波形の山の裾野付近で2個目のインク滴15が吐出される。

【0069】区間TM2では、上述した駆動信号の出力と並行して、システム制御回路23は、図9（C）に示すように、次の印刷データとして「1111B」を順次出力する。この印刷データは、上記と同様にして、シフト回路24a～24dに取り込まれ、全てのシフト回路24a～24dに「1」が記憶された状態でシフト動作が停止する。

17

【0070】次いで、システム制御回路23は、図9 (B) に示すように、区間TM3の先頭、つまり区間TM2の基本波形の終点でラッチ信号をアクティブにする。これにより、上記区間TM1の場合と同様に、各スイッチ回路27a~27dはオンになり、図9 (F) の区間TM3に示すように、区間TM2における基本波形の終点を始点とする基本波形と同一の形状を有する駆動信号が各圧電素子13a~13dに供給される。これにより、各ノズル10a~10dの先端部の開口面のインクは、図9 (G) に示す速度波形で振動し、この速度波  
10

形の山の裾野付近で3個目のインク滴15が吐出される。

【0071】区間TM3では、上述した駆動信号の出力と並行して、システム制御回路23は、図9 (C) に示すように、次の印刷データとして「1111B」を順次出力する。この印刷データは、上記と同様に、シフト回路24a~24dに取り込まれ、全てのシフト回路24a~24dに「1」が記憶された状態でシフト動作が停止する。

【0072】次いで、システム制御回路23は、図9 (B) に示すように、区間TM4の先頭、つまり区間TM3の基本波形の終点から時間t6が経過した後にラッチ信号をアクティブにする。これにより、上記区間TM1の場合と同様に、各スイッチ回路27a~27dはオンになり、図9 (F) の区間TM4に示すように、区間TM3の終点から漸減する駆動信号が各圧電素子13a~13dに供給される。その結果、各ノズル10a~10dの先端部の開口面のインクは、図9 (G) に示すような速度波形で残留振動する。しかし、この残留振動では、各ノズル10a~10dからインク滴15が吐出さ  
30

れることはない。

【0073】区間TM5及びTM6における動作も上記区間TM4における動作と同じである。これにより、図9 (F) に示すように、区間TM5では区間TM4の終点から漸減する駆動信号が、区間TM6では区間TM5の終点から漸減する駆動信号が、それぞれ各圧電素子13a~13dに供給される。その結果、各ノズル10a~10dの先端部の開口面のインクの速度波形は、図9 (G) に示すように、残留振動が徐々に収束する。そして、区間TM6の終わりで区間TM1の始点のレベルに  
40

到達し、1つの印刷周期が終了する。

【0074】この3山起動では、各スイッチ回路27a~27dは全ての区間TM1~TM6でオンにされる。換言すれば、3山起動の場合は、各スイッチ回路27a~27dは常にオンにされ、駆動波形発生回路21からの駆動波形がそのまま圧電素子13a~13dに供給される。図9 (E) は、波形抽出タイミングを示しており、3山起動の場合は、印刷周期の全ての部分で波形が抽出されることを表している。

【0075】この3山駆動によれば、図9 (G) に示す  
50

18

ように、3つの速度波形の山が発生してインク滴が3回吐出されるので、後述する1山駆動の場合に比べて3倍の量のインクが吐出されることになり、大きな記録ドットが印刷用紙上に形成される。なお、基本波形の形状を適宜調整することにより、図9 (G) に示す速度波形の谷の速度を大きくするような駆動信号を生成すれば、3個のインク滴を一体にして吐出させることができる。また、ノズル径等のヘッド形状やインク物性によっても、3個のインク滴を一体にして吐出させたり、或いは分離して吐出させることができる。

【0076】次に、2山駆動の場合を、図10に示したタイミングチャートを参照しながら説明する。この2山駆動は、システム制御回路23が、印刷データとして2回連続して有意データ「1」を出力することにより発生する。

【0077】区間TM1の動作は、上述した3山駆動の場合と同じである。即ち、図10 (F) の区間TM1に示すような基本波形と同一の形状を有する駆動信号が各圧電素子13a~13dに供給される。これにより、各ノズル10a~10dの先端部の開口面のインクは、図10 (G) に示す速度波形で振動する。そして、この速度波形の山の裾野付近で最初のインク滴15が吐出される。

【0078】区間TM2の動作は、システム制御回路23が、図10 (C) に示すように、次の印刷データとして「0000B」を順次出力することを除けば、上述した3山駆動の場合と同じである。即ち、図10 (F) の区間TM2に示すように、区間TM1における基本波形の終点を始点とする基本波形と同一の形状を有する駆動信号が各圧電素子13a~13dに供給される。これにより、各ノズル10a~10dの先端部の開口面のインクは、図10 (G) に示す速度波形で振動し、この速度波形の山の裾野付近で2個目のインク滴15が吐出される。

【0079】この区間TM2では、上述した駆動信号の出力と並行して、システム制御回路23は、次の印刷データとして「0000B」を順次出力する。この印刷データは、シフト回路24a~24dに取り込まれ、全てのシフト回路24a~24dに「0」が記憶された状態でシフト動作が停止する。

【0080】次いで、システム制御回路23は、図10 (B) に示すように、区間TM3の先頭、つまり区間TM2の基本波形の終点でラッチ信号をアクティブにする。これにより、シフト回路24a~24dに記憶されている印刷データ「0」がラッチ回路25a~25dにラッチされる。このラッチ回路25a~25dにラッチされた印刷データ「0」は、レベル変換回路26a~26dで信号レベルが変換され、スイッチ回路27a~27dに供給される。

【0081】その結果、各スイッチ回路27a~27d

19

はオフになり、駆動信号は各圧電素子13a~13dに供給されない。この場合、各圧電素子13a~13dは単なる容量素子として動作し、各スイッチ回路27a~27dがオフになる直前の信号レベルを維持する。これにより、図10(F)の区間TM3に示すように、区間TM2の終点のレベルが維持される。その結果、各ノズル10a~10dの先端部の開口面のインクは、図10(G)の速度波形に示すように振動しない。従って、この区間TM3では、インク滴15が吐出されない。

【0082】区間TM3では、システム制御回路23は、図10(C)に示すように、次の印刷データとして「0000B」を順次出力する。この印刷データは、シフト回路24a~24dに取り込まれ、全てのシフト回路24a~24dに「0」が記憶された状態でシフト動作が停止する。

【0083】次いで、システム制御回路23は、図10(B)に示すように、区間TM4の先頭、つまり区間TM3の基本波形の終点から時間t6が経過した後にアクティブにする。これにより、上記区間TM3の場合と同様に、各スイッチ回路27a~27dはオフになり、図10(F)の区間TM4に示すように、区間TM3の終点の信号レベルを維持する駆動信号が各圧電素子13a~13dに供給される。その結果、各ノズル10a~10dの先端部の開口面のインクは、図10(G)に示すように振動しない。従って、各ノズル10a~10dからインク滴15が吐出されることはない。

【0084】区間TM5及びTM6における動作は、上述した3山駆動の場合と同じである。これにより、図10(F)に示すように、区間TM5では区間TM4の終点から漸減する駆動信号が、区間TM6では区間TM5の終点から漸減する駆動信号が、それぞれ各圧電素子13a~13dに供給される。その結果、各ノズル10a~10dの先端部の開口面のインクの速度波形は、図10(G)に示すように、残留振動が徐々に収束する。そして、区間TM6の終わりで区間TM1の始点のレベルに到達し、1つの印刷周期が終了する。

【0085】この2山起動では、各スイッチ回路27a~27dは、印刷データが「1」のとき、つまり図10(E)に示すように、区間TM1、TM2、TM5及びTM6でオンにされ、区間TM3及びTM4でオフにされるので、駆動波形発生回路21からの駆動波形のうち第1基本波形及び第2基本波形のみ抽出される。この2山駆動によれば、図10(G)に示すように、2つの速度波形の山が発生してインク滴が2回吐出されるので、後述する1山駆動の場合に比べて2倍の量のインクが吐出されることになり、中程度の大きさの記録ドットが印刷用紙上に形成される。

【0086】次に、1山駆動の場合を、図11に示したタイミングチャートを参照しながら説明する。この1山駆動は、システム制御回路23が、印刷データとして1

20

回だけ有意データ「1」を出力することにより発生する。

【0087】区間TM1における動作は、システム制御回路23は、図10(C)に示すように、次の印刷データとして「0000B」を順次出力することを除けば、上述した3山駆動の場合と同じである。即ち、図11(F)の区間TM1に示すような基本波形と同一の形状を有する駆動信号が各圧電素子13a~13dに供給される。これにより、各ノズル10a~10dの先端部の開口面のインクは、図10(G)に示す速度波形で振動する。そして、この速度波形の山の裾野付近で最初のインク滴15が吐出される。

【0088】区間TM2及びTM3の動作は、上述した2山駆動の場合と同じである。区間TM4では、上述した駆動信号の出力と並行して、システム制御回路23は、図11(C)に示すように、次の印刷データとして「0000B」を順次出力する。この印刷データは、上記と同様にして、シフト回路24a~24dに取り込まれ、全てのシフト回路24a~24dに「0」が記憶された状態でシフト動作が停止する。

【0089】次いで、システム制御回路23は、図11(B)に示すように、区間TM4の先頭、つまり区間TM3の基本波形の終点から時間t6が経過した後にアクティブにする。これにより、上記区間TM3の場合と同様に、各スイッチ回路27a~27dはオフになり、図11(F)の区間TM4に示すように、区間TM3の終点の信号レベルを維持する駆動信号が各圧電素子13a~13dに供給される。その結果、各ノズル10a~10dの先端部の開口面のインクは、図10(G)に示すように振動しない。従って、各ノズル10a~10dからインク滴15が吐出されない。

【0090】区間TM5及びTM6における動作は、上述した2山駆動の場合と同じである。これにより、各ノズル10a~10dの先端部の開口面のインクの速度波形は、図11(G)に示すように、残留振動が徐々に収束する。そして、区間TM6の終わりで区間TM1の始点のレベルに到達し、1つの印刷周期が終了する。

【0091】この1山駆動では、各スイッチ回路27a~27dは、印刷データが「1」のとき、つまり図11(E)に示すように、区間TM1及びTM6でのみオンにされ、区間TM2~TM5でオフにされるので、駆動波形発生回路21からの駆動波形のうち第1基本波形のみ抽出される。この1山駆動によれば、図11(G)に示すように、1つの速度波形の山が発生し、以てインク滴が1回だけ吐出されるので、小さな記録ドットが印刷用紙上に形成される。

【0092】以上説明した実施の形態1では、駆動波形発生回路21は、第1基本波形の終点に第2基本波形の始点を接続し、第2基本波形の終点に第3基本波形の始点を接続した駆動波形を生成するように構成したが、図

21

12 (A) に示すように、第1基本波形の終点から一定時間だけそのレベルを保持し、その後第2基本波形の始点を接続し、同様に、第2基本波形の終点から一定時間だけそのレベルを保持し、その後第3基本波形の始点を接続して駆動波形を生成することもできる。このような駆動波形は、タイミング発生回路から駆動波形発生回路21に供給されるタイミング信号を適宜調整することにより生成できる。このようにして生成された駆動波形に基づいて駆動信号を生成し、以て圧電素子13a~13dを駆動する場合も、駆動装置20は上述したと同様に10動作する。

【0093】このように、本実施の形態1によれば、スイッチ回路の数は圧電素子と同数でよく、駆動装置を従来より大幅に小型化でき、しかも低コスト化が図れる。

【0094】次に、本願発明者は、上記のように構成されたインクジェット記録ヘッドの駆動装置の幾つかについてインク滴量の測定を行ったので、測定結果を以下に示す。駆動波形発生回路21から各スイッチ回路27a~27dを介して圧電素子13a~13dに駆動信号が供給されることにより各ノズル10a~10dから吐出20されるインク滴量は、インクジェット記録ヘッドの構造・形状及び駆動波形により異なる。

【0095】そこで、第1の測定では、インク流路の固有周期 $T_c$ が $10.4\mu s$ 、圧電素子による圧力室の体積変化が $2.3 \times 10^{-15} m^3/V$ 、ノズルは直径 $24\mu m$ で長さ $70\mu m$ の断面R形状、供給口は直径 $27\mu m$ で長さ $70\mu m$ の断面R形状を有するインクジェット記録ヘッドにおいて、粘度が $3.3 \times 10^{-3} Pa \cdot s$ のインクを用いた。また、基本波形は、 $t_1 = 1.04\mu s$ 、 $t_2 = 0.31\mu s$ 、 $t_3 = 1.04\mu s$ 、 $t_4 = 0.83\mu s$ 、 $t_5 = 0.69\mu s$ 、 $V_1 = V_2 = 8.6V$ 、 $V_3 = 5.6V$ となるように形成した。30

【0096】このような条件下で、図9 (A) に示した3山の駆動波形を印加した場合は $15 \times 10^{-15} m^3$ 、図10 (A) に示した2山の駆動波形を印加した場合は $10 \times 10^{-15} m^3$ 、図11 (A) に示した1山の駆動波形を印加した場合は $5 \times 10^{-15} m^3$ のインク滴量が吐出された。吐出されたインク滴の速度はいずれも略 $4 m/s$ であった。

【0097】また、1滴目と3滴目との間の吐出の時間40差は $7.82\mu s$ であり、ドットピッチを $720$ ドット/インチ ( $= 35\mu m$ )、駆動周波数を $14.4 kHz$ 、ノズルと印刷用紙との間の距離が $1 mm$ である場合、1滴目と3滴目との着弾位置ずれは $4\mu m$ にしかならず、印刷品質が従来より格段によくなる。

【0098】また、形状の異なる種々の基本波形を生成し、それぞれについて図9 (A)、図10 (A)、図11 (A) に示した駆動波形を作成して圧電素子に印加し、吐出インク滴量を求めた結果を図13に示す。この図13により、吐出インク滴量に大きく貢献する基本波50

22

形の第1の立ち上げ部の時間 $t_1$ 及び立ち下げ部の時間 $t_3$ を、それぞれインク流路の固有周期 $T_c$ の $0.4$ 倍以下にすれば、吐出インク滴量を $3:2:1$ の割合で吐出できることが確認できた。

【0099】次に、第2の測定では、インク流路の固有周期 $T_c = 12.5\mu s$ 、圧電素子による圧力室の体積変化が $1.6 \times 10^{-15} m^3/V$ 、ノズルは直径 $29\mu m$ で長さ $70\mu m$ の断面R形状、供給口は直径 $31\mu m$ で長さ $70\mu m$ の断面R形状を有するインクジェット記録ヘッドにおいて、粘度が $3.3 \times 10^{-3} Pa \cdot s$ のインクを用いた。この場合、図13の条件No. が「1」の $t_1/T_c = 0.1$ 、 $t_2/T_c = 0.03$ 、 $t_3/T_c = 0.1$ 、 $t_4/T_c = 0.08$ 、 $t_5/T_c = 0.066$ を適用すると、基本波形は、 $t_1 = 1.25\mu s$ 、 $t_2 = 0.38\mu s$ 、 $t_3 = 1.25\mu s$ 、 $t_4 = 1\mu s$ 、 $t_5 = 0.83\mu s$ 、 $V_1 = V_2 = 18.7V$ 、 $V_3 = 12.3V$ となる。

【0100】このような条件下で、図9 (A) に示した3山の駆動波形を印加した場合は $27 \times 10^{-15} m^3$ 、図10 (A) に示した2山の駆動波形を印加した場合は $18 \times 10^{-15} m^3$ 、図11 (A) に示した1山の駆動波形を印加した場合は $9 \times 10^{-15} m^3$ のインク滴量が吐出された。また、吐出されたインク滴の速度はいずれも略 $4 m/s$ であった。

【0101】なお、以上の説明においては、残留振動を殆ど生じないような基本波形を用いて駆動波形を生成するように構成した。これは、このような基本波形を用いることにより、ノズルの先端部のメニスカスの動作波形における山の形が1つ目とそれ以降と殆ど同一となり、吐出インク滴量に拘わらずインク滴速度が同一になり、また吐出インク滴量も整数倍となるので、制御が容易になるからである。

【0102】しかし、ノズルの先端部のメニスカスの動作波形において複数の山を発生させることができれば、残留振動を生じるような基本波形を用いて駆動装置を構成することもできる。図14 (A) は、基本波形に基づく駆動信号で圧電素子を駆動した場合に、マイナス側に残留振動を生じる場合のメニスカスの動作波形の例を示す。

【0103】このような基本波形を用いて3山駆動のための駆動信号を生成し、圧電素子を駆動すると、図14 (B) に示すようなメニスカスの動作波形が得られる。従って、インクジェット記録ヘッドは、残留振動を殆ど生じないような基本波形を用いた場合と殆ど同一の動作をする。なお、残留振動振幅が大きすぎると3山駆動時のインクメニスカスの動作波形の歪みが大きくなりインクジェット記録ヘッドの動作不良が発生するので、残留振動振幅が最大振幅の $30\%$ 程度以下になるような基本波形を用いることが好ましい。

【0104】また、図15 (A) は、基本波形に基づく

23

駆動信号で圧電素子を駆動した場合に、プラス側に残留振動を生じる場合のメニスカスの動作波形の例を示す。このような基本波形を用いて3山駆動のための駆動信号を生成し、圧電素子を駆動すると、図15(B)に示すようなメニスカスの動作波形が得られる。従って、インクジェット記録ヘッドは、残留振動を殆ど生じないような基本波形を用いた場合と殆ど同一の動作をする。なお、残留振動振幅が大きすぎると3山駆動時のインクメニスカスの動作波形の歪みが大きくなりインクジェット記録ヘッドの動作不良が発生するので、残留振動振幅が最大振幅の30%程度以下になるような基本波形を用いることが好ましい。

【0105】以上説明した実施の形態1では、インクジェット記録ヘッドとして、図1に示すような積層タイプの圧電素子を使用した。本発明は積層タイプの圧電素子を用いたインクジェット記録ヘッドに限定されず、例えば図16に示すような単板タイプの圧電素子を用いたインクジェット記録ヘッドにも適用できる。

【0106】単板タイプの圧電素子を用いたインクジェット記録ヘッドの一例を図16に示す。このインクジェット記録ヘッドは、ノズル101を形成するためのノズルプレート201、インクプールを形成するためのインクプールプレート202、インク供給口103を形成するためのインク供給プレート203、圧力室104を形成するための圧力室プレート204、振動板205及び圧電素子206を積層接合することにより構成されている。

【0107】振動板205上には、圧電素子206を位置決めするためのガイド部107が圧力室104と接する範囲以外の部分に形成されており、このガイド部107により位置決めされた圧電素子206が振動板205上に接合されている。なお、このインクジェット記録ヘッドには、圧電素子206に電気信号を供給するための電気信号線、インクをインク吸入口を介してインクプール102に充填するためのインク流路が設けられているが、図16では省略されている。

【0108】次に、上記のように構成されるインクジェット記録ヘッドの、圧電素子206及び振動板205のユニモルフ効果による動作を、図17を参照しながら説明する。図17は、図16のA-A断面図である。各圧力室104に対応して圧電素子206が振動板205上に設けられており、この圧電素子206には、振動板205に接合される面側に下電極208aが、その反対面側に上電極208bがそれぞれ形成されている。ここで、圧電素子206の分極は上電極208b側から下電極208a側(逆方向でも可)の方向になされている。下電極208aは振動板205と電気的に接続されており、各圧電素子206で振動板205が共通の電極部となり駆動源207の一方に接続されている。

【0109】また、上電極208bは各圧電素子毎に電

24

気的な接続をオン/オフするスイッチ回路209を介して駆動源207の他方に接続されている。図示しない制御部から印字命令が入力されるとスイッチ回路209がオンになり圧電素子206に駆動源207からの電圧が印加される。これにより、圧電素子206は、圧電効果によって図17中「e」の方向に収縮しようとする。しかし、圧電素子206の振動板205に接合された面側は振動板205の負荷により歪み量が反対側の面の歪み量に比べて小さくなる。この歪み量の非対称性により、圧電素子206と振動板205の接合部は図17中の「f」の方向へ変形する。これにより、圧力室104内の体積が収縮されて加圧される。

【0110】以上のように構成されるインクジェット記録ヘッドの駆動源207として、上述した駆動装置20からの駆動信号を供給することにより、上述したと同様の動作が行われ、ノズル101からのインクの吐出が制御される。

【0111】(実施の形態2)次に、本発明の実施の形態2について説明する。この実施の形態2に係る駆動装置は、インクを収容した圧力室を膨張させてから収縮させるという、所謂引き打ちタイプのインクジェット記録ヘッドを駆動する。このインクジェット記録ヘッドとしては、例えば特開平10-81012号公報に記載されたプリントヘッドを用いることができる。

【0112】このインクジェット記録ヘッドの機械的構造を図18に示す。基板ユニット300は、ノズル穴301が形成されたノズルプレート302とアイランド部303が形成された振動板304とによって流路形成板305を挟持することにより構成されている。流路形成板305には、インク室306、インク供給口307及び圧力発生室308が形成されている。

【0113】基台309には収容室310が形成されており、収容室310内には圧電振動子311が取り付けられている。圧電振動子311は、その先端が振動板304のアイランド部303に当接するように、固定基板312を介して固定されている。ここで、圧電振動子311には、例えば縦振動横効果のPZTが用いられ、充電されると収縮し、放電すると伸長するようになっている。圧電振動子311への充放電はリード線313を介して行われる。

【0114】圧電振動子311を充電すると、圧電振動子311が収縮して圧力発生室308が膨張し、圧力発生室308内の圧力が低下してインク室306から圧力発生室308内にインクが流入する。圧電振動子311を放電させると、圧電振動子311が伸長して圧力発生室308が縮小し、圧力発生室308内の圧力が上昇して圧力発生室308内のインクがノズル穴301を介して外部に吐出される。

【0115】この実施の形態2に係る駆動装置は、該駆動装置で生成される駆動信号の形状が、実施の形態1に

25

係る駆動装置で生成される駆動信号の形状と異なる。具体的には、実施の形態2に係る駆動装置に含まれる駆動波形発生回路の構成が実施の形態1に係る駆動装置に含まれる駆動波形発生回路の構成と異なる。

【0116】この実施の形態2で使用する基本波形を説明する。基本波形は、図19(A)に示すように、第1の立ち下げ部、この第1の立ち下げ部に続く第1の保持部、この第1の保持部に続く立ち上げ部、この立ち上げ部に続く第2の保持部及びこの第2の保持部に続く第2の立ち下げ部から構成されており、それぞれ時間 $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ 、 $t_4$ 、 $t_5$ の区間を有する。第1の立ち下げ部の電位差は $V_1$ 、立ち上げ部の電位差は $V_2$ 、第2の立ち下げ部の電位差は $V_3$ である。

【0117】この基本波形は、上述した実施の形態1の場合と同様に、インク流路の固有周期を $T_c$ に基づいて生成できる。このような基本波形をインクジェット記録ヘッドの圧電素子に供給し、ノズル先端の開口面のインクメニスカスの速度波形を求めると、図19(B)に示すように、一山の速度波形が発生した後は、残留振動が殆ど発生しないことが確認された。また、その速度波形の山の面積にノズル先端の開口面の面積を乗じたものが吐出インク滴量とほぼ等しくなることが確認された。また、基本波形として、図19(C)に示すように、時間 $t_2$ をゼロにした波形を用いることもできる。

【0118】駆動波形は、上述した基本波形を複数個つなげることにより生成される。この駆動波形は、図20(A)に示すように、第1基本波形の終点到第2基本波形の始点を接続し、第2の基本波形の終点到第3基本波形の始点を接続し、第3の基本波形の終点から一定時間の経過後に第1基本波形の始点の電圧まで上昇する形状を有する。また、駆動波形は、図20(B)に示すように、第1基本波形の終点到該終点のレベルを保持する第1保持部の始点を接続し、この第1保持部の終点到第2基本波形の始点を接続し、第2の基本波形の終点到該終点のレベルを保持する第2保持部の始点を接続し、この第2保持部の終点到第3基本波形の始点を接続し、第3の基本波形の終点から一定時間の経過後に第1基本波形の始点の電圧まで上昇する形状を有するように構成することもできる。なお、この実施の形態2では3個の基本波形を使用して駆動波形を構成しているが、基本波形の数は3個に限定されず任意に決定できる。

【0119】このような駆動波形を生成するための駆動波形発生回路は、図6に示した回路と類似の回路で構成でき、波形抽出回路は図8に示したものをそのまま用いることができる。また、この実施の形態2に係る駆動装置の動作は、図9～図11における駆動波形及び圧電素子印加波形が図20(A)に示した波形に変わることを除けば実施の形態1に係る駆動装置の動作と同じである。

【0120】この実施の形態2に係るインクジェット記

26

録ヘッドの駆動装置によれば、引き打ち式のインクジェット記録ヘッドについても、印刷速度を上げることができ、しかも印刷品質を向上させるようにノズルから吐出されるインク滴の量を制御できる。

【0121】なお、この実施の形態2及び上述した実施の形態1において、圧電素子の代わりに電圧の2乗に比例した変位動作を行う電歪素子や、磁界により変位動作を行う磁歪素子といった、外部から与えられる信号に応じて圧力室内に圧力変動を生じさせることのできるアクチュエータを用いても同様の効果を発揮する。

【0122】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、印刷速度を上げることができ、しかも印刷品質を向上させるようにノズルから吐出されるインク滴の量を制御できる小型・低コストのインクジェット記録ヘッドの駆動装置及び駆動方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る駆動装置が適用されるインクジェット記録ヘッドの機械的構成を示す図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置の構成を概略的に示すブロック図である。

【図3】本発明の実施の形態1に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置で使用する駆動波形に含まれる基本波形の例を示す波形図である。

【図4】本発明の実施の形態1に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置で使用する、圧電素子を駆動するための駆動波形の一例を示す波形図である。

【図5】本発明の実施の形態1に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置におけるインク流路の固有周期を説明するための図である。

【図6】本発明の実施の形態1に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置の駆動波形発生回路の構成を示す回路図である。

【図7】図6に示す回路図の動作を説明するためのタイミングチャートである。

【図8】本発明の実施の形態1に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置の波形抽出回路の構成を示すブロック図である。

【図9】本発明の実施の形態1に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置で所定の駆動波形を用いて3山駆動する際の動作を説明するタイミングチャートである。

【図10】本発明の実施の形態1に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置で所定の駆動波形を用いて2山駆動する際の動作を説明するタイミングチャートである。

【図11】本発明の実施の形態1に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置で所定の駆動波形を用いて1山駆動する際の動作を説明するタイミングチャートである。

【図12】本発明の実施の形態1に係るインクジェット

27

記録ヘッドの駆動装置で他の駆動波形を用いて3山駆動する際の動作を説明するタイミングチャートである。

【図13】本発明の実施の形態1に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置において、インク滴量を測定した結果を説明するための図である。

【図14】本発明の実施の形態1に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置において、マイナス側に残留振動を生じる場合のメニスカスの動作波形の例を示す波形図である。

【図15】本発明の実施の形態1に係るインクジェット10記録ヘッドの駆動装置において、プラス側に残留振動を生じる場合のメニスカスの動作波形の例を示す波形図である。

【図16】本発明の実施の形態1に係る駆動装置が適用される他のインクジェット記録ヘッドの機械的構成を示す図である。

【図17】図16に示したインクジェット記録ヘッドの動作を説明するための図である。

【図18】本発明の実施の形態2に係る駆動装置が適用されるインクジェット記録ヘッドの機械的構成を示す図20である。

【図19】本発明の実施の形態2に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置で使用される駆動波形に含まれる基本波形の例を示す波形図である。

【図20】本発明の実施の形態2に係るインクジェット記録ヘッドの駆動装置で使用される、圧電素子を駆動す

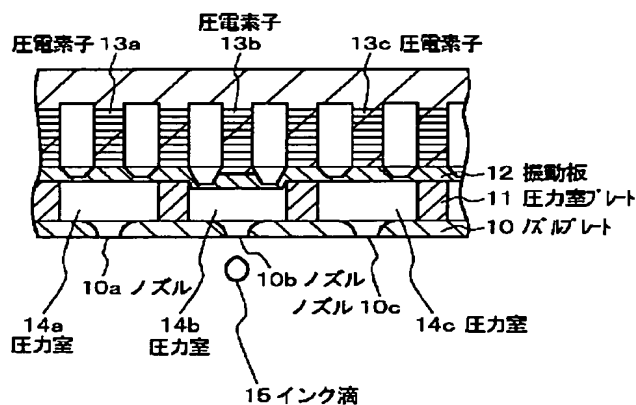
28

\*るための駆動波形の例を示す波形図である。

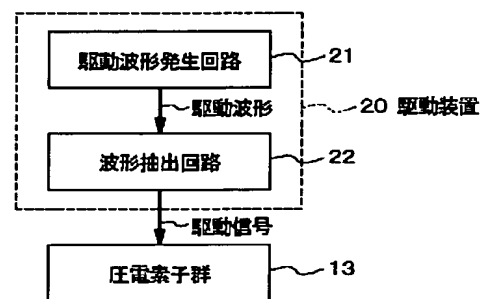
【符号の説明】

10a、10b、10c、10d ノズル  
11、204 圧力室プレート  
12、205、304 振動板  
13 圧電素子群  
13a～13d、206 圧電素子  
14a～14c、104 圧力室  
15 インク滴  
20 駆動装置  
207 駆動源  
21 駆動波形発生回路  
210 第1充電用定電流回路  
211 第2充電用定電流回路  
212 第1放電用定電流回路  
213 第2放電用定電流回路  
214 電流増幅回路  
22 波形抽出回路  
23 システム制御回路  
24a～24d シフト回路  
25a～25d ラッチ回路  
26a～26d レベル変換回路  
27a～27d、209 スイッチ回路  
301 ノズル穴  
308 圧力発生室  
311 圧電振動子

【図1】

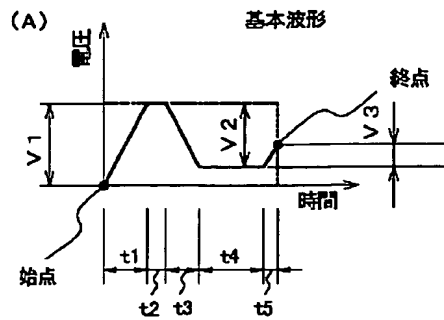


【図2】





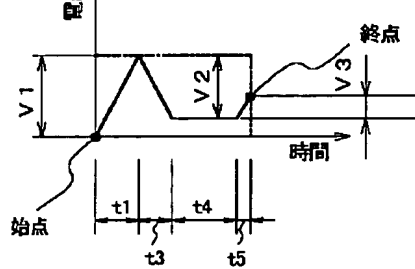
【図3】



(B) インクメニスカスの速度波形

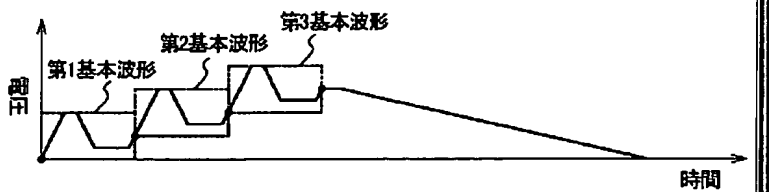


(C) 基本波形

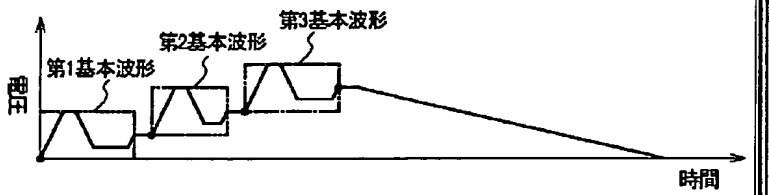


【図4】

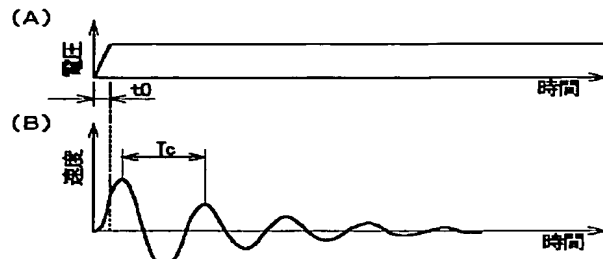
(A)



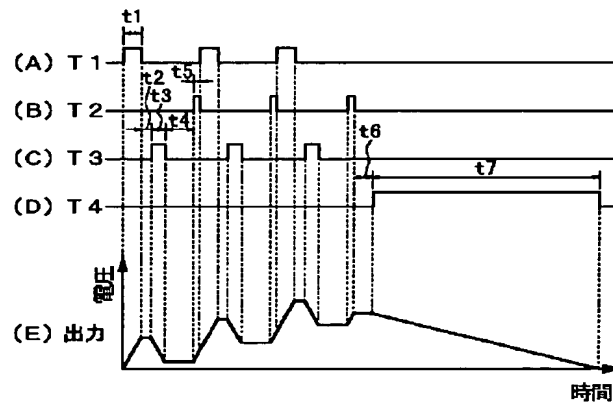
(B)



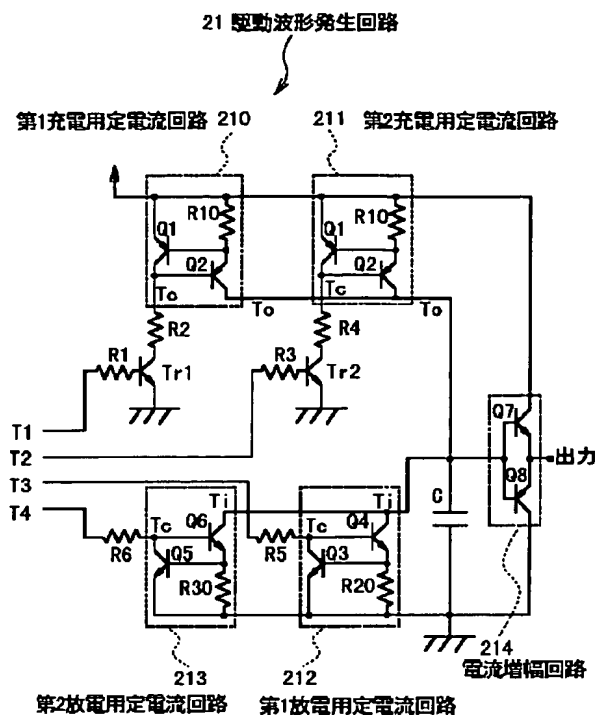
【図5】



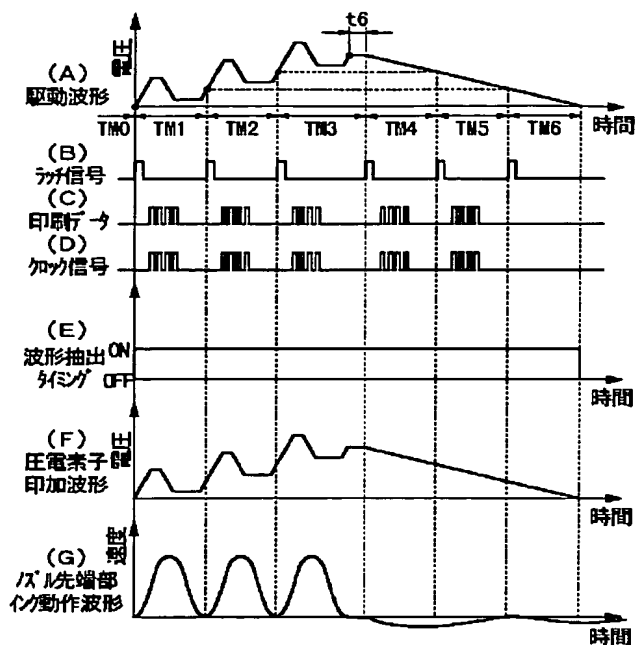
【図7】



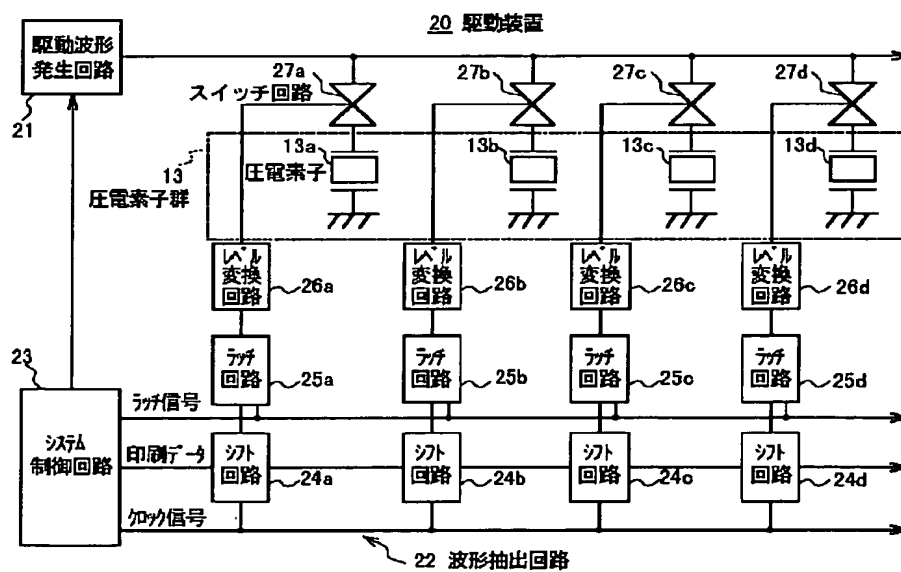
【図6】



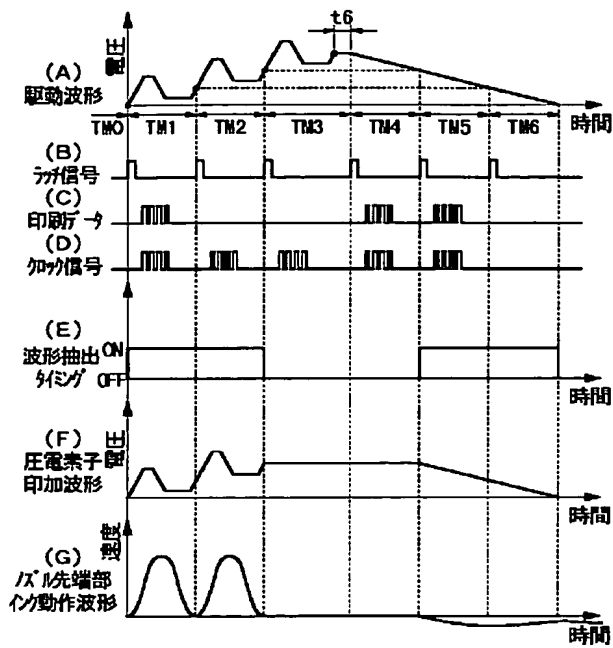
【図9】



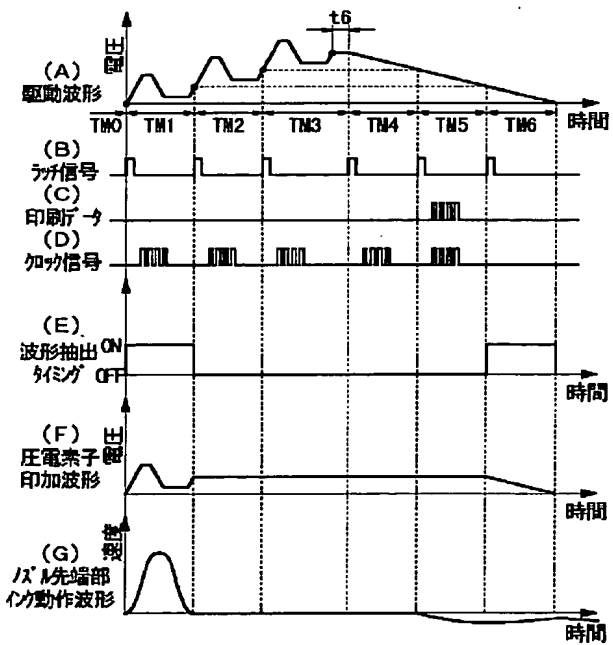
【図8】



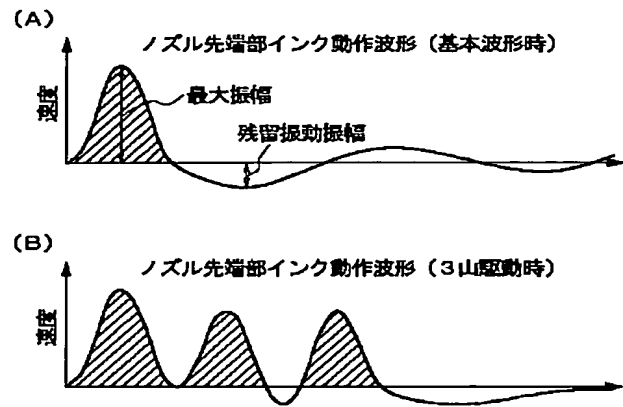
【図 10】



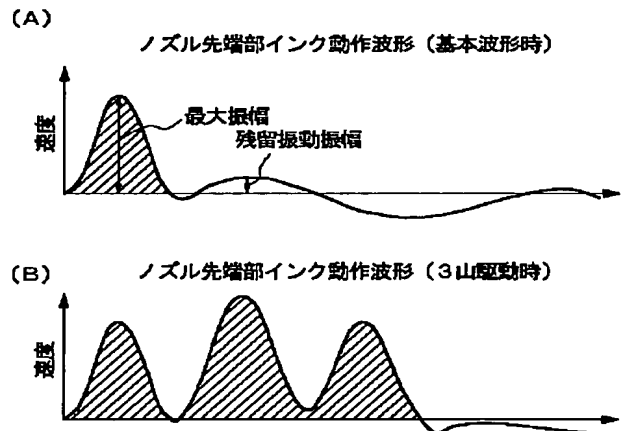
【図 11】



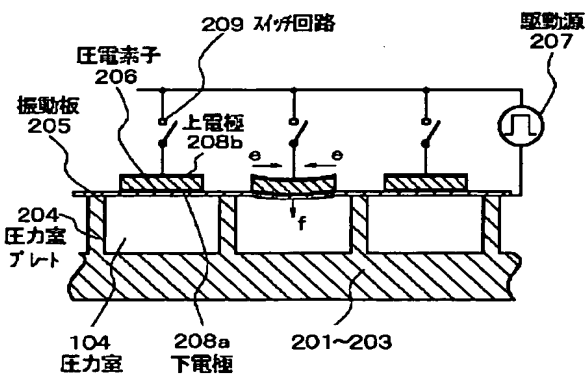
【図 14】



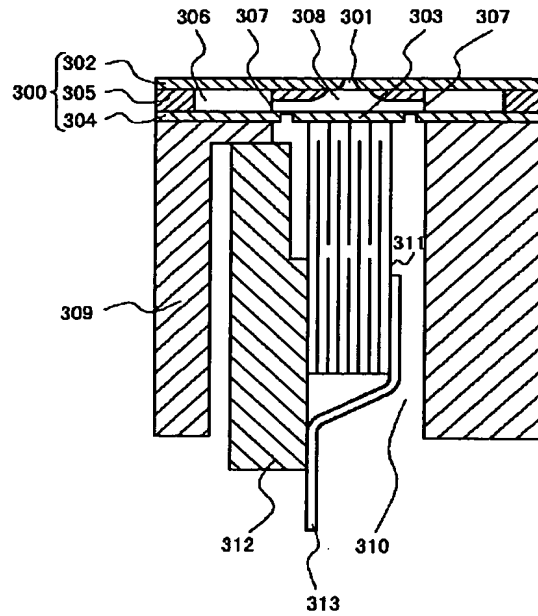
【図 15】



【図 17】



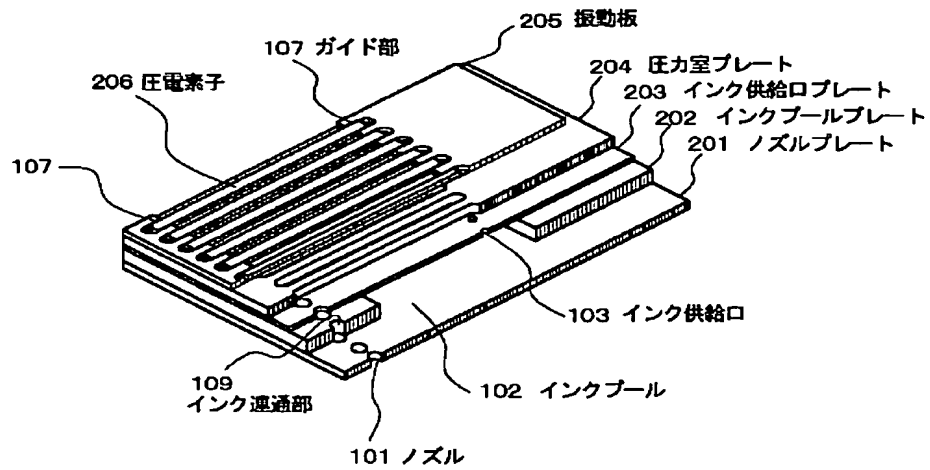
【图 18】



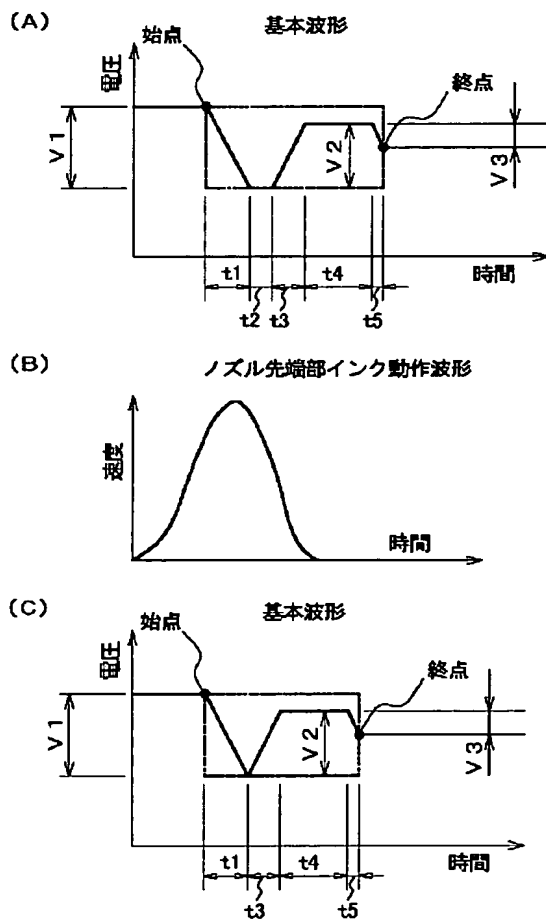
【图 13】

| 条件 No.              | 1     | 2     | 3    | 4     | 5     | 6     |
|---------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| t1/Tc               | 0.1   | 0.1   | 0.05 | 0.15  | 0.2   | 0.4   |
| t2/To               | 0.03  | 0     | 0.03 | 0.03  | 0.03  | 0.03  |
| t3/Tc               | 0.1   | 0.1   | 0.05 | 0.135 | 0.133 | 0.073 |
| t4/Tc               | 0.08  | 0.105 | 0.16 | 0.03  | 0.03  | 0.03  |
| t5/Tc               | 0.066 | 0.05  | 0.02 | 0.12  | 0.15  | 0.25  |
| V1 [V]              | 8.6   | 10.3  | 11   | 7.7   | 7.5   | 8.4   |
| V2 [V]              | 8.6   | 10.3  | 11   | 6.9   | 5     | 1.5   |
| V3 [V]              | 5.6   | 5.1   | 4.4  | 6.2   | 5.6   | 5.3   |
| 1山流量：<br>1山駆動：[fm³] | 5     | 5     | 4    | 6     | 8     | 11    |
| 2山流量：<br>2山駆動：[fm³] | 10    | 10    | 8    | 12    | 16    | 22    |
| 3山流量：<br>3山駆動：[fm³] | 15    | 15    | 12   | 18    | 24    | 33    |

【図16】

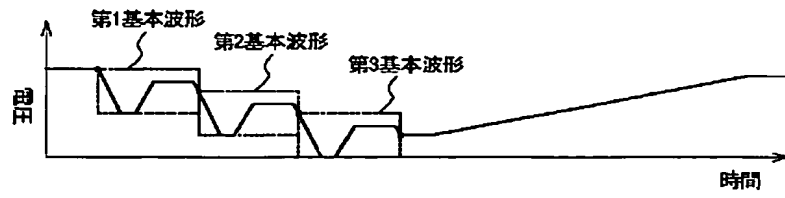


【図19】



【図20】

(A)



(B)

